

Tańczące krople wody – efekt Leidenfrosta

Taniec kropeł na rozgrzanej patelni to bardzo widowiskowe zjawisko, chętnie prezentowane na rozmaitych pokazach fizyki i na festiwalach nauki. Związane jest z tzw. efektem Leidenfrosta. Johann Gottlob Leidenfrost, osiemnastowieczny uczony niemiecki, opisał to zjawisko. Niestety zrobił to, jak to jeszcze czyniono w tamtych czasach, po łacinie i dlatego jego opis popadł na dłuższy czas w zapomnienie. Zjawisko dotyczy zachowania kropli wody upuszczonych na gładką, bardzo rozgrzaną powierzchnię. Otóż wbrew oczekiwaniom, im powierzchnia bardziej gorąca, tym kropelka dłużej żyje. Leidenfrost dokonał odpowiednich pomiarów, mimo iż w XVIII wieku miał do dyspozycji jedynie termometry rtęciowe¹, które nie nadawały się do pomiaru wysokich temperatur. Aby uświadomić sobie trudności, z jakimi musiał się zmagać Leidenfrost, trzeba przypomnieć, iż nawet nie posiadał on „porządnego zegarka”, nie mówiąc już o stoperze. Przy pomiarze czasu życia kropli posługiwał się wahadłem.

Na zakończenie roku szkolnego z FENIKSem uczennica gimnazjum w Wolbromiu, Kasia Szczepara, powtórzyła doświadczenie Leidenfrosta, będąc o wiele lepiej wyposażoną w przyrządy pomiarowe niż uczony sprzed lat. Kasia za prezentację efektu Leidenfrosta została wyróżniona nagrodą.



Johann Gottlob
Leidenfrost
(Wikipedia)

¹ Termometry rtęciowe produkował m.in. mistrz z Gdańska – Fahrenheit; zmarł on stosunkowo młodo – podejrzewa się, że zatruł się oparami rtęci.



Kasia Szczepara wykonuje eksperyment

Doceniono nie tyle sam pokaz zjawiska tańczących kropeł, ile wykonanie pomiarów czasu życia kropli w zależności od temperatury powierzchni. Kasia bardzo sprytnie jako gładką powierzchnię wykorzystwała spód żelazka z termostatem. Żelazko dokładnie wypoziomowała i delikatnie opuszczała zakraplaczem na powierzchnię krople wody. Mierzyła czas życia tych kropli dla trzech temperatur. Otrzymała następujące wyniki:

Temperatura żelazka	średni czas życia kropli (5 pomiarów)
100°C	5 s
200°C	90 s
300°C	101 s



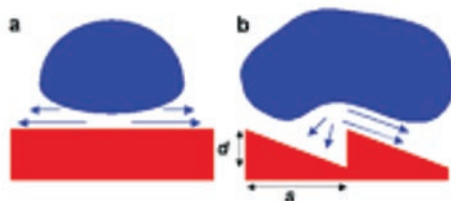
Gorące żelazko i krople wody

Dlaczego tak się dzieje? Dlaczego kropelki wody nie parują szybciej na bardziej gorącej powierzchni? Oczekiwalibyśmy większej dostawy ciepła z bardziej rozgrzanego żelazka i szybszego parowania kropli. Czy dalsze zwiększanie temperatury powierzchni wydłużyłoby czas harców kropli?

Krople wody, gdy zetkną się z powierzchnią o odpowiednio wysokiej temperaturze, powyżej pewnej wartości zwanej punktem Leidenfrosta, odparowują z dolnej powierzchni na tyle, by wytworzyć poduszczkę pary wodnej nasyconej o ciśnieniu wyższym od ciśnienia powietrza otaczającego kroplę. Ta para może podtrzymywać lewitującą kropelkę. Kropelka staje się poduszkowcem i może się poruszać praktycznie bez tarcia. Para wodna, tak

jak i powietrze, jest złym przewodnikiem ciepła, i utrudnia dopływ ciepła do kropli, przez co znacznie wydłuża jej czas życia. Początkowo (przy temperaturze ok. 200°C) zwiększa się grubość poduszki, przez co rośnie czas życia kropelki. Przy jeszcze wyższych temperaturach szybkość przepływu ciepła od gorącej płyty do kropli rośnie, przez co kropla szybciej paruje, wtedy maleje czas jej życia.

A czemu kropelka tańczy? Ciągłe tworząca się para, uciekając spod kropli, nadaje jej przyspieszenie. Różne, najdrobniejsze zaburzenia powodują jej ruch w rozmaite strony. Ponieważ to ruch praktycznie bez tarcia, krople mogą osiągać spore szybkości i pokonywać odległości nawet do 1 m! Mogą też przy odpowiednim podłożu (piłowane ząbki) wspinać się pod górkę. Pokazuje to poniższy rysunek.

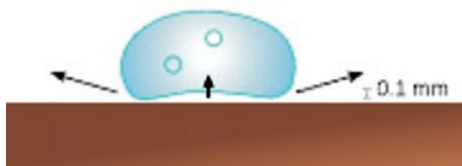


a/ Kropelka na rozgrzanej powyżej punktu Leidenfrosta płaskiej powierzchni. Poduszczonek pary jest symetryczny ma grubość od 10 do 100 μm , b/ kropla na zębatej powierzchni, przyspiesza w prawo, strzałki pokazują strumień pary (z artykułu Heinera Linke'go, www.uoregon.edu/~linke/droplet – Wikipedia)

Czyni się starania, by opanować sztukę kierowania ruchem kropelek. Dzięki nierównościom odpowiednio wytrawionej płytki można spowodować, by para uciekała w przewidzianym kierunku. Wówczas, *jak łódź na rzece, kropla jest napędzana przez parę* (patrz więcej w Internecie, hasło: Heiner Linke).

Zjawisko to obserwowano dla rozmaitych cieczy, wśród których znalazły się: płynny azot, metanol, etanol i woda, z temperaturami wrzenia od -196 do $+151^\circ\text{C}$. Dokładnie tak, jak woda na gorącej patelni, zachowuje się ciekły azot wylany na blat stołu lub wlany na powierzchnię wody.

Uczeni mają nadzieję, że ten mechanizm zostanie w przyszłości wykorzystany do chłodzenia układów scalonych (mikroprocesorów). Taki system chłodzenia nie wymagałby stosowania żadnych ruchomych części ani specjalnego zasilania. Napędzany byłby emitowanym przez układ scalony ciepłem. Mrzonki? Może nie. Naukowcy złożyli już wstępny wniosek o opatentowanie takiego systemu chłodzenia, pomimo, że nie zbadali jeszcze, czy będzie on działał w mniejszej skali niż ta, której użyli do swoich eksperymentów.



Poduszczonek pary pod kroplą (Wikipedia)

Polecamy też artykuł Jearla Walkera z Cleveland State University. Pod kierownictwem Heinera Linke'go nad projektem pracowały zespoły z University of Oregon w USA oraz University of New South Wales w Australii.